

107.

19. Екологічна ситуація в Харківській області (по матеріалам національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Харківській області в 1999 р.). – Харків: ВЕЛ, 2000. – 38 с.

*Получено 18.06.2003*

УДК 628.162.087

С.С.ДУШКИН, д-р техн. наук, И.Н.ГУСЬ, О.В.ВОЛОДЧЕНКО

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОСАЖДЕНИЯ КОАГУЛИРОВАННЫХ ПРИМЕСЕЙ ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ В СИСТЕМАХ ПРОМЫШЛЕННОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ**

Приведены результаты исследования влияния магнитно-электрической активации растворов коагулянтов на процессы очистки воды, осаждаемость коагулированной взвеси, уплотнение осадка в системах водоснабжения.

На станциях водоподготовки ТЭЦ получило распространение коагулирование с известкованием, позволяющее сочетать очистку воды от примесей и ее реагентное умягчение [1].

В качестве коагулянта в системах промышленного водоснабжения используется хлорид железа (III) вследствие его более высокого по сравнению с сульфатом алюминия коагуляционного действия при низких температурах воды, возможности применения при очистке мутных жестких вод с высокими значениями рН, способности удалять соединения меди, мышьяка, органические соединения [1, 2]. В ряде случаев обеспечивается более высокая по сравнению с сульфатом алюминия его обесцвечивающая способность [3]. Замена сульфата алюминия хлоридом железа (III) позволяет достигнуть минимума рН при меньших затратах коагулянта [4]. К недостаткам хлорида железа (III) как коагулянта можно отнести сильные кислотные свойства и образование в процессе коагуляции при очистке воды менее развитой по сравнению с сульфатом алюминия поверхности хлопьев [3, 4].

В ходе исследований изучали следующие вопросы:

магнитно-электрическая активация сульфата железа (II) при коагулировании с известкованием на станциях водоподготовки ТЭЦ;

влияние активированного раствора коагулянта сульфата алюминия на осаждаемость коагулированной взвеси и уплотнение осадка промстоков хлорорганического производства;

использование активированных растворов хлорида железа (III) при очистке технической воды.

Работу выполняли в рамках государственной программы "Экологически чистая энергетика и ресурсосберегающие технологии" научно-исследовательских работ Министерства образования и науки Украины.

Исследования эффективности активации раствора сульфата железа (II)  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  при известковом умягчении воды проводили на Днепродзержинской ГРЭС. Анализ опытных данных показывает, что эффективность активации раствора коагулянта сульфата железа (II) зависит от напряженности магнитного поля и содержания в растворе анодно-растворенного железа. Лучшие результаты получены при напряженности магнитного поля 80-120 кА/м, хотя оптимальной напряженностью можно считать значение 100 кА/м. Увеличение содержания в растворе коагулянта анодно-растворенного железа повышает эффективность активации. Однако при его содержании более 1100 мг/дм<sup>3</sup> эффективность возрастает незначительно, поэтому повышение содержания в растворе коагулянта анодно-растворенного железа больше оптимальных значений нецелесообразно.

Результаты исследований магнитно-электрической активации раствора коагулянта сульфата железа (II) при известковом умягчении воды на Днепродзержинской ГРЭС свидетельствуют, что весовая концентрация контактно-шламовой среды изменяется во времени и зависит от продолжительности пуска осветлителя. При этом увеличение весовой концентрации осадка при использовании активированного раствора коагулянта значительно опережает рост весовой концентрации осадка при обычном умягчении воды. Так, при умягчении воды в осенний период (ноябрь) весовая концентрация осадка через 2, 4, 8, 12, 16, и 24 часа составляет соответственно 390, 610, 1205, 1550, 2650 и 3610 мг/дм<sup>3</sup>, а при обработке активированным раствором коагулянта – соответственно 439, 774, 1797, 2651, 4463 и 6130 мг/дм<sup>3</sup>. Прирост концентрации осадка заканчивается через 12-16 часов после пуска осветлителя в работу. Это относится как к работе осветлителя при обычном умягчении воды, так и при использовании активированного раствора коагулянта.

Результаты наблюдений позволяют сделать вывод, что магнитно-электрическая активация раствора коагулянта сульфата железа (II) интенсифицирует процесс укрупнения взвеси, образующейся в результате известкования, и тем самым улучшает условия выделения ее при умягчении воды, благодаря чему качество умягченной воды повышается. Так, содержание взвешенных веществ в осветленной воде при использовании активированного раствора коагулянта не превышает 5,8 мг/дм<sup>3</sup>, а при обычной коагуляции составляет 12-15 мг/дм<sup>3</sup>. Кроме то-

го, значительно снижается остаточная щелочность воды, повышается надежность работы установки коагулирования с известкованием в целом.

Исследования на Первомайском химкомбинате позволили сделать вывод о целесообразности применения активированных растворов коагулянтов для обработки промышленных стоков хлорорганического производства с целью интенсификации процессов осаждения взвешенных примесей. Качественная характеристика сточной воды во время проведения эксперимента была следующая: жесткость общая – 1,4 моль/дм<sup>3</sup>, pH – 8,9, содержание аммиака – 1,16 мг/дм<sup>3</sup>, железо – 2,5 мг/дм<sup>3</sup>, окись кальция – 61,5 мг/дм<sup>3</sup>, азот общий – 1,29 мг/дм<sup>3</sup>, окись магния – 13 мг/дм<sup>3</sup>, свободный хлор – 513 мг/дм<sup>3</sup>, взвешенные вещества – 79,8 мг/дм<sup>3</sup>, окисляемость общая – 324 мг/дм<sup>3</sup>. Параметры активации раствора коагулянта сульфата алюминия: напряженность магнитного поля – 95-110 кА/м, содержание анодно-растворенного железа – 2050-2250 мг/дм<sup>3</sup>. Влияние магнитно-электрической активации раствора коагулянта на осаждаемость взвеси при обработке промстоков показано на рис.1.

Процент взвеси при обработке сточных вод активированным раствором коагулянта выше, чем при обычной коагуляции. Различие особенно наблюдается при осаждении взвеси с гидравлической крупностью 0,2 мм/с. Динамика уплотнения осадка, выпавшего из сточной жидкости, обработанной активированным раствором коагулянта, приведена на рис.2. Осадок в первом случае уплотняется интенсивнее, чем при обычном коагулировании; объем осевшего осадка выше.

На очистных сооружениях Первомайского химкомбината исследовали влияние активированных растворов хлорида железа (III) на гидравлическую крупность коагулируемой взвеси, на процессы осветления воды и накопления осадка в горизонтальных отстойниках, возможность увеличения производительности отстойников и снижения расчетных доз коагулянта.

Эффективность обработки воды активированным раствором коагулянта была наибольшей в зимний период (48,6%), несколько меньшей в период весеннего паводка (32,2%) и наименьшей в летний период (21,3%). Эти данные приведены для гидравлической крупности коагулируемой взвеси 0,2 мм/с и менее. С повышением температуры осветляемой воды эффективность воздействия активированного раствора коагулянта на гидравлическую крупность снижается, что имеет практическое значение, так как именно в зимний период скорость коагуляции уменьшается. С увеличением гидравлической крупности коагулируемой взвеси эффективность обработки воды снижается в зим-

ний период: 0,2 мм/с – 48,6%; 0,5 мм/с – 29,2%; 1,2 мм/с – 18,5%. Аналогичная картина наблюдается в период весеннего паводка и в летний период.

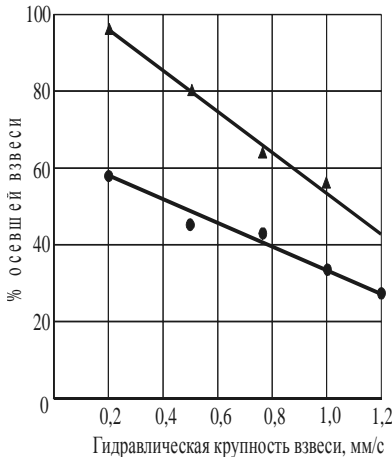


Рис.1 – Влияние активированного раствора коагулянта на осаждаемость коагулируемой взвеси протокатов химкомбината

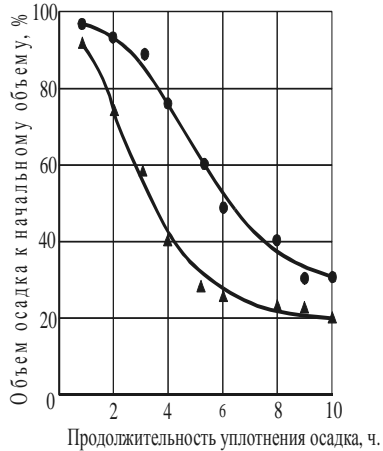


Рис.2 – Динамика уплотнения осадка при обработке протокатов химкомбината активированным раствором коагулянта

о – обычный раствор коагулянта; Δ – то же активированный

Эффективность обработки воды активированным раствором коагулянта хлорида железа (III) зависит от мутности исходной воды. Наибольшая эффективность отмечается при мутности исходной воды до 200-250 мг/дм<sup>3</sup>. При мутности воды 300 мг/дм<sup>3</sup> и более эффективность обработки уменьшается, а при мутности 450-500 мг/дм<sup>3</sup> отсутствует.

Эффективность обработки воды при осветлении ее в летний период выше, чем во время весеннего паводка. Характерным является наличие максимальной эффективности при мутности воды до 150 мг/дм<sup>3</sup>, что имеет определенное значение при очистке природных вод зарегулированных источников водоснабжения, в которых содержание взвешенных веществ практически не превышает 100-150 мг/дм<sup>3</sup>. В системах промышленного водоснабжения содержание взвешенных веществ в технической воде, поступающей на очистные сооружения, редко превышает 150-200 мг/дм<sup>3</sup>, что позволяет использовать активированные растворы коагулянта хлорида железа (III) для очистки воды.

Исследование процессов осветления технической воды и накопления осадка в модели горизонтального отстойника (металлургический завод г.Днепродзержинска) и в производственных отстойниках хим-

комбината показало, что процесс осветления воды и накопления осадка при использовании активированного раствора хлорида железа (III) в модели горизонтального отстойника протекает более интенсивно, чем при обычной коагуляции. Так, прозрачность воды с исходной мутностью  $150 \text{ мг/дм}^3$  при осветлении составляет 70 (обычный коагулянт) и 100 см (активированный коагулянт), при исходной мутности  $300 \text{ мг/дм}^3$  – соответственно 60 и 90 см. При повышении мутности исходной воды прозрачность осветленной воды уменьшается в обоих случаях, но при обработке воды активированным коагулянтом прозрачность воды выше, чем при использовании обычного реагента. Слой осадка при обработке воды активированным коагулянтом больше, чем при обычной коагуляции примесей, несколько различны также конфигурация и распределение осадка по длине отстойника. При работе производственных отстойников процесс осаждения коагулированной взвеси протекает достаточно полно, качество воды на выходе из отстойника высокое, содержание взвешенных веществ составляет  $3,7 \text{ мг/дм}^3$ , цветность – 26 град., но ниже, чем при обработке воды активированным раствором коагулянта – соответственно 2,6 мг/л и 17 град.

Испытания магнитно-электрической активации раствора коагулянта хлорида железа (III) показали возможность снижения его расхода без ухудшения качества фильтрата. При использовании обычного раствора коагулянта в дозе  $45\text{--}50 \text{ мг/дм}^3$  цветность воды после фильтров снижалась с 65 до 18-20 град. При обработке воды активированным раствором коагулянта снижение его дозы в среднем на 25% позволяет уменьшить цветность осветленной воды с 65 до 15-18 град. Расход 10%-го раствора коагулянта на обработку воды в количестве  $6000 \text{ м}^3/\text{ч}$  в первом случае был равен  $2,7\text{--}3,0 \text{ м}^3/\text{ч}$ , а при использовании активированного раствора коагулянта –  $2,1\text{--}2,4 \text{ м}^3/\text{ч}$ , т.е. экономия коагулянта составила 25-28,5%.

Опытно-промышленные испытания магнитно-электрической активации раствора хлорида железа (III) на металлургическом заводе г.Днепропетровска показали возможность снижения доз коагулянта после активации в среднем на 30-35%. Так, при обычной коагуляции цветность фильтрата составляла 18-20 град., а при использовании активированного раствора коагулянта и снижении его дозы на 30-35% она была равна 15 град., хотя в отдельные периоды повышалась до 16-18 град.

Использование при очистке технической воды активированного раствора кремнекислоты (АК) дает возможность снизить дозы коагулянта хлорида железа (III), интенсифицировать процесс осветления и обесцвечивания воды, что подтверждается результатами исследований

на химкомбинате. Опытные данные свидетельствуют, что дозы коагулянта хлорида железа (III), необходимые для снижения цветности исходной воды до 18-20 град., могут быть снижены в среднем на 45-50% при обработке воды активированным раствором АК. Так, если доза коагулянта при обычном коагулировании составляла  $90 \text{ мг/дм}^3$ , то при обработке воды активированным раствором АК –  $55-60 \text{ мг/дм}^3$ , цветность осветленной воды при обычном коагулировании была равна 19-21 град., а при использовании активированного раствора АК – 15-20 град.

Таким образом, магнитно-электрическая активация раствора сульфата железа (II) при коагулировании с известкованием интенсифицирует процесс укрупнения взвесей, образующихся в процессе известкования, повышает весовую концентрацию контактно-шламовой среды осветлителя, благодаря чему создаются условия для улучшения качества умягченной воды. Опытно-промышленные испытания магнитно-электрической активации раствора хлорида железа (II) показали возможность снижения доз коагулянта при очистке технической воды до 30-35%, а при использовании активированного раствора кремнекислоты (АК) – до 45-50% без ухудшения качества осветления воды.

1.Шкроб М.С., Прохоров Ф.Г. Водоподготовка и водный режим паротрубных электростанций. – М.-Л.: Госэнергоиздат, 1961.

2.Гурвич С.М., Кострикин Ю.М. Оператор водоподготовки. – М.: Энергоиздат, 1981.

3.Душкин С.С. Интенсификация процессов очистки воды магнитно-электрической активацией раствора коагулянта // Изв. вузов. Строительство и архитектура. – 1985. – №6. – С.102-107.

4.Душкин С.С., Беляев В.И. Интенсификация процессов водоподготовительных установок промпредприятий // Изв. вузов. Энергетика. – 1980. – №8. – С.105-109.

*Получено 08.07.2003*

УДК 628.94008.6 : 518.9

В.А.БАРАННИК, канд. физ.-матем. наук

*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

О.А.ПРОСКУРНИН

*УкрНИИЭП, г.Харьков*

## **АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ РЕГРЕССИОННОЙ ЗАВИСИМОСТИ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНОГО ОБЪЕКТА, РАССЧИТАННОЙ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО**

Рассматривается эффективность оценки параметров регрессионной зависимости характеристик природного объекта, рассчитанной методом Монте-Карло. Приводится